

# ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با فیوم کل در فرآیندهای مختلف جوشکاری یک صنعت خودروسازی

<sup>۱</sup>فریده گلبابایی - <sup>۲</sup>اصغر قهری - <sup>۳</sup>محمود مهدی‌زاده - <sup>۴</sup>منصور غیاث‌الدین - <sup>۵</sup>کوروش مهاجر - <sup>۶</sup>داوود اسکندری

<sup>۱</sup> استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

<sup>۴</sup> استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

<sup>۵</sup> کارشناس، واحد ارگونومی، شرکت ایران خودرو

<sup>۶</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

## چکیده

**مقدمه:** ارزیابی ریسک مواد سمی و شیمیایی، مهندسين بهداشت حرفه‌ای را قادر می‌سازد که تصمیم‌گیری‌های مناسبی را در ارتباط با برنامه‌ریزی اقدامات کنترلی در محیط کار اتخاذ نمایند. این پروژه در سالن‌های مونتاژ (۴بخش) یکی از صنایع خودروسازی کشور ایران با دو نوع فرآیند جوشکاری GMAW و نقطه‌ای مقاومتی به منظور تعیین ریسک مواجهه افراد با فیوم جوشکاری صورت پذیرفته است.

**روش کار:** مواجهه جوشکاران از طریق جمع‌آوری ۱۴۳ نمونه هوا از ناحیه تنفسی بر اساس روش NIOSH ۰۵۰۰ اندازه‌گیری شد. همچنین ارزیابی ریسک بهداشتی با استفاده از روش توصیه شده، توسط انجمن ایمنی و بهداشت سنگاپور انجام گردید.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان دادند که میانگین مواجهه جوشکاران در فرآیندهای GMAW و نقطه‌ای به ترتیب برابر  $5/61 \pm 5/78$  و  $2/38 \pm 2/15$  میلی‌گرم بر مترمکعب است و از نظر آماری دارای تفاوت معناداری می‌باشند ( $P < 0/05$ ). همچنین شواهد حاکی از آن بود که نوع الکتروود، فلز پایه و استفاده از ماده شیمیایی، تاثیر زیادی در میزان تولید فیوم و مواجهه کارگران جوشکار دارد ( $P < 0/05$ ). نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که رتبه ریسک جوشکاران GMAW بالا بوده، در حالی که جوشکاران نقطه‌ای مقاومتی دارای رتبه ریسک پایین بودند.

**نتیجه‌گیری:** توجه بهداشتی بیش‌تر به جوشکاران GMAW و اتخاذ راه‌های کنترلی برای این گروه از جوشکاران مورد نیاز می‌باشد. راه‌های کنترلی مورد نیاز و موثر شامل کنترل فنی، پایش هوای تنفسی و بیولوژیکی جوشکاران، آموزش، اجرای برنامه‌های حفاظت تنفسی، توسعه و اجرای روشهای کاری صحیح و ایمن و در نهایت ارزیابی مجدد ریسک بعد از اجرای روشهای کنترلی می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی ریسک، صنعت خودروسازی، فیوم کل، جوشکاری GMAW، نقطه‌ای مقاومتی

## مقدمه

یکی از مهم‌ترین مهارت‌های شناخته شده که بدون آن پیشرفت کل صنایع قابل‌تصور نیست، فرآیند جوشکاری می‌باشد (Mansouri, et al., 2008). در طول فرآیند جوشکاری عوامل خطرناکی از قبیل فیوم‌ها، گازها، بخارات، حرارت، صدا و پرتو تولید می‌شوند و بزرگ‌ترین نگرانی از دیدگاه بهداشت صنعتی، فیوم‌ها می‌باشند (Yoon, et al., 2003). فیوم‌های جوشکاری شامل اکسیدهای فلزی هستند که از واکنش فلزات بخار شده با اکسیژن هوا ایجاد می‌شوند (Antonini, et al., 2003). میزان فیوم‌های تولید شده تابعی از نوع فرآیند جوشکاری، نوع الیاز، میزان آمپراژ، میزان ولتاژ، گاز محافظ، حرارت تبخیر و واکنش هر جزء و ترکیبات استفاده شده در الکتروودها می‌باشند (An- tonini, et al., 2003; Yoon, et al., 2009).

یکی از مهم‌ترین مهارت‌های شناخته شده که بدون آن پیشرفت کل صنایع قابل‌تصور نیست، فرآیند جوشکاری می‌باشد (Mansouri, et al., 2008). در طول فرآیند جوشکاری عوامل خطرناکی از قبیل فیوم‌ها، گازها، بخارات، حرارت، صدا و پرتو تولید می‌شوند و بزرگ‌ترین نگرانی از دیدگاه بهداشت صنعتی، فیوم‌ها می‌باشند (Yoon, et al., 2003). فیوم‌های جوشکاری شامل اکسیدهای فلزی هستند که از واکنش فلزات بخار شده با اکسیژن هوا ایجاد می‌شوند (Antonini, et al., 2003). میزان فیوم‌های تولید شده تابعی از نوع فرآیند جوشکاری، نوع الیاز، میزان آمپراژ، میزان ولتاژ، گاز محافظ، حرارت تبخیر و واکنش هر جزء و ترکیبات استفاده شده در الکتروودها می‌باشند (An- tonini, et al., 2003; Yoon, et al., 2009).

\*نویسنده مسوول: پست الکترونیکی: fglolbabaee@sina.tums.ac.ir

کار می‌کنند (Micheal, *et al.*, 2003) و همچنین در آمریکا بیش از ۸۰ نوع فرآیند جوشکاری وجود دارد (Antonini, *et al.*, 2003). بیش‌ترین نوع فرآیندهای جوشکاری که در صنایع خودروسازی در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل جوشکاری با قوس فلزی گازی SMAW، جوشکاری با سیم تو پودری FCAW و جوشکاری نقطه یا مقاومتی می‌باشند.

در بین فرآیندهای جوشکاری، جوشکاری SMAW بیش‌ترین نوع مقاومتی کم‌ترین مقدار فیوم را تولید می‌نماید (Antonini, *et al.*, 2003; Yoon, *et al.*, 2009; Lyttle, 2004).

با توجه به متنوع بودن فرآیندهای جوشکاری و کثرت افراد در معرض مواجهه با آلاینده‌های ایجاد شده توسط این فرآیندها، نیاز به تدوین یک برنامه جامع به منظور تعیین مقدار مواجهه با فیوم‌ها و نیز مشخص نمودن فرآیندها و وظایف کاری خطرناک می‌باشد. یکی از راهکارهای اصلی برای رسیدن به این هدف، ارزیابی ریسک مواد شیمیایی بوده و می‌تواند در اولویت بندی آلاینده‌های مخاطره آمیز و همچنین تصمیم‌گیری در مورد راه‌های کنترلی مناسب کمک شایانی نماید (Allahyari, 2006; Azari, 2007). ارزیابی ریسک، یک فرآیند سیستماتیک برای رسیدن به تخمینی از تمام ریسک فاکتورهای مرتبط با تمام سناریوهای تماس وضعیت‌های پرمخاطره می‌باشد (Abelmann, 2005). اهداف انجام ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک شامل شناسایی مواد خطرناک، ارزیابی میزان تماس و تعیین احتمال اثرات نامطلوب تماس با مواد شیمیایی می‌باشد (Ministry of Manpower, 2005).

با توجه به مطالب فوق، این مطالعه به منظور ارزیابی مواجهه جوشکاران با فیوم‌های حاصل از ۲ نوع فرآیند جوشکاری شامل جوشکاری قوسی تحت پوشش گازی محافظ (GMAW) و جوشکاری نقطه ای یا مقاومتی (resistance or Arc Spot Welding) در ۴ سالن یک

با توجه به نوع فرآیند جوشکاری و مواد استفاده شده، فیوم‌های جوشکاری ممکن است شامل عناصر کادمیوم، مس، سرب، فلوراید، سیلیکا، باریوم، منگنز، کلسیم، قلع و روی باشند (Yoon, 2004; Meo, *et al.*, 2003).

مطالعات متعددی در مورد اثرات مواجهه با فیوم‌های جوشکاری بر سلامتی انجام شده است. فیوم‌های جوشکاری موجب برونشیت، تحریک راه‌های تنفسی، تب فلزی و غیره می‌شوند. علاوه بر مخاطرات موجود، فیوم‌ها بر اندام‌های کلیه، قلب عروقی، پوست و اندام تناسلی اثرات نامطلوبی می‌گذارند. (Antonini, *et al.*, 2003; Yoon, *et al.*, 2009; Hesham, *et al.*, 2005). طبق تحقیق انجام شده، جوشکاری قوس الکترکی دستی و MIG اثرات سیتوتوکسیک بر ماکروفاژهای آلوئولی دارند (Jorma, *et al.*, 1988). بیش‌تر فیوم‌های تولید شده در فرایندهای مختلف جوشکاری دارای درصد کمی منگنز می‌باشند که اثرات عصبی مختلف بر روی سیستم بدنی به جای می‌گذارند (Antonini, *et al.*, 2006). فیوم‌های جوشکاری استیل زنگ نزن حاوی کروم شش ظرفیتی هستند که از طریق ریه جذب بدن شده و در تمام بدن پخش می‌شوند و اثرات موتاژنیک بر روی سلول‌های سوماتیک و سلول‌های germ مردان دارند (Hjollund, *et al.*, 2005). قابل ذکر است که کروم شش ظرفیتی و نیکل جزء درماتیت‌های تماسی آلرژن می‌باشند (Milja and Linnainmaa, 2004). مطالعات نشان داده اند که فیوم‌های جوشکاری استیل زنگ نزن موجب ایجاد سرطان ریه در تعدادی از جوشکاران می‌شوند (sowards, *et al.*, 2008). با توجه به اثرات نامطلوب فیوم‌های جوشکاری بر سلامتی جوشکاران، انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) برای فیوم‌های جوشکاری، حد تماس TLV-TWA mg/m ۳۵ را توصیه نموده است (ACGIH, 2010).

اداره آمار کار آمریکا در سال ۱۹۹۹، مشخص نمود که بیش از ۸۰۰۰۰۰ جوشکار تمام وقت در سطح دنیا و تقریباً ۴۱۰۰۴۰ جوشکار تمام وقت در آمریکا

آلیاژ فلز پایه دارد. Solid Wire سیم جوش فلزی توپر است که به شکل ممتد و بدون پوشش پودری تولید می شود. گاز محافظ در این نوع جوشکاری (MAG) گاز  $CO_2$  است. گاز  $CO_2$  در قوس الکتریکی به گازهای CO و  $O_2$  تجزیه شده که گاز CO گاز خنثی و بی اثر بوده و نقش حفاظت از حوضچه جوش را به عهده می گیرد و  $O_2$  با عناصر اکسید شونده قوی مانند Mn و Si که در سیم جوش پایه قرار دارند، ترکیب شده و به صورت سرباره ای بسیار نازک روی سطح جوش قرار می گیرد (Noderrman, 2008).

در این صنعت، دو نوع سیم جوش با عناوین  $SG_1$  و  $SG_2$  مورد استفاده قرار می گیرد که نوع  $SG_1$  از کربن، منگنز، فسفر، گوگرد، کروم و وانادیوم و نوع  $SG_2$  از سیلیس، نیکل، مولیبدن، مس و آلومینیوم تشکیل یافته اند.

### ۲) جوشکاری مقاومتی نقطه ای

جوشکاری مقاومتی نقطه ای فرآیندی است که در آن سطوحی که بر روی هم قرار گرفته اند، از طریق حرارت تولید شده در یک یا چند نقطه به هم متصل می شوند. گرمای تولید شده در این، حاصل از فلوی جریان الکتریکی است که بین الکترودها برقرار می شود و از میان قطعات نیز عبور می کند، ضمن این که الکترودها در این وضعیت با اعمال فشاری خاص، سطوح را به یکدیگر نزدیک می کنند (Lee, et al., 1990; Girish and Neil, 2007). قابل ذکر است که در این نوع جوشکاری جنس روکش الکترود از مس، کروم و زیرکونیوم (Cu/Cr/Zr) می باشد.

### پ- نمونه برداری و آنالیز نمونه ها

برای تعیین میزان مواجهه با فیوم کل، از روش NIOSH ۰۵۰۰ استفاده شد. نمونه برداری در ساعات مختلف شیفت کاری به جز ساعات استراحت با استفاده از فیلتر MCE با قطر ۳۷ میلی متر و پورسایز ۰/۸ میکرون با هولدر CLOSED FACE انجام گردید. پمپ های نمونه برداری در دبی ۲ لیتر بر دقیقه با استفاده از دستگاه دیجیتال DRYCAL کالیبره شد (NIOSH, 1994). برای تعیین وزن اولیه فیلترها قبل از نمونه برداری از ترازوی کالیبره مدل

صنعت خودروسازی انجام شد. هدف از این بررسی، تعیین مقدار فیوم کل و در ادامه تعیین سطح ریسک هر فرایند در سالن های مورد مطالعه بوده است.

## روش کار

الف- اطلاعات شغلی مورد مطالعه و پارامترهای مورد نظر این مطالعه در ۴ سالن مونتاژ یک صنعت خودروسازی در تهران انجام شد. پس از بازدید و بررسی های به عمل آمده و با توجه به پارامترهای تاثیرگذار بر تولید فیوم شامل نوع جوشکاری (۲ نوع)، نوع ورق پایه (۲ نوع)، آمپراژ خروجی دستگاه (۳۲-۰/۱۶ آمپر)، الکترود (۲ نوع سیم جوش و یک نوع الکترود) و مواد شیمیایی مورد مصرف (استفاده از سیلر و روغن و یا عدم استفاده از این مواد) حجم نمونه ای برابر ۱۴۳ نمونه تعیین گردید. در ۴ سالن مورد نظر ۲ نوع فرایند جوشکاری GMAW (۲۸ نمونه) و جوشکاری مقاومتی نقطه ای (۱۵ نمونه) انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. قابل ذکر است که در این صنعت، عملیات جوشکاری بر روی دو نوع فلز پایه شامل آهن سیاه و آهن گالوانیزه، انجام می شود. آهن گالوانیزه علاوه بر آهن دارای مقادیر خاصی از کربن، فسفر، گوگرد، منگنز و تیتانیوم می باشد. همچنین از روغن های کششی برای جلوگیری از پارگی ورق به هنگام پرس و از سیلر به عنوان ضد لرزش برای پر کردن درزها و شکاف ها در اثر حرارت استفاده می شود.

### ب- جوشکاری های مورد مطالعه

#### ۱) جوشکاری GMAW با $CO_2$

جوشکاری با قوس فلزی گازی شامل دو نوع جوشکاری، جوشکاری قوسی تحت پوشش گازی محافظ با گاز فعال MAG: Metal Active Gas و جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ خنثی (بی اثر) MIG Gas Metal Inert می باشد که در این مطالعه نوع MAG مورد نظر بوده است. در جوشکاری MAG، یک قطب جریان به قطعه کار وصل گردیده و قطب دیگر یک سیم ذوب شونده (Solid Wire) است که آلیاژی نزدیک به

معادله زیر مقدار عددی ریسک به دست می‌آید:

$$\text{Risk} = \sqrt{\text{HR} \times \text{ER}}$$

در مرحله آخر، با توجه به جدول مربوطه و مقدار عددی ریسک، سطح ریسک که شامل ۵ سطح، قابل چشم پوشی (N: Negligible)، کم (L: Low)، متوسط (M: Medium)، زیاد (H: High) و خیلی زیاد (VH: Very High) می‌باشند، تعیین گردید.

### یافته‌ها

#### الف- فیوم کل

نتایج پردازش داده‌های مربوط به میزان مواجهه جوشکاران با فیوم کل، بر حسب نوع فرآیند جوشکاری در جدول ۱ آورده شده است. میزان مواجهه با فیوم کل در جوشکاری GMAW، بیش‌تر از جوشکاری نقطه‌ای مقاومتی به ترتیب با مقادیر  $5,61 \pm 5,78$  و  $1,38 \pm 1,54$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) می‌باشد. هم‌چنین آزمون T مستقل نشان داد که تفاوت بین دو میانگین با  $P < 0,05$  معنادار می‌باشد.

نتایج حاصل از پردازش داده‌ها جهت تعیین میانگین مواجهه با فیوم کل در ۴ سالن نشان داد که از نظر آماری تفاوت معناداری بین میزان مواجهه در ۴ سالن وجود ندارد ( $P > 0,05$ ). با توجه به جدول ۲، بیش‌ترین میانگین مواجهه با فیوم کل در سالن روآ و کم‌ترین میانگین مواجهه با فیوم کل در سالن پژو ۲۰۶ به ترتیب  $3,46 \pm 4,7$  و  $2,55 \pm 3,11$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) بوده است.

از آزمون t برای تعیین تفاوت میانگین مواجهه با فیوم کل بین دو فرآیند جوشکاری GMAW و نقطه‌ای مقاومتی برای هر سالن به طور جداگانه استفاده گردید. نتایج نشان دادند که از نظر آماری تفاوت معناداری بین میانگین مواجهه در ۲ نوع فرآیند جوشکاری به طور جداگانه در هر ۴ سالن وجود دارد ( $P < 0,05$ ) و جوشکاری GMAW نسبت به جوشکاری نقطه‌ای مقاومتی میزان فیوم بیش‌تری تولید می‌نماید.

پارامترهای فراوانی بر میانگین مواجهه با فیوم کل حاصل از فرآیند جوشکاری تاثیرگذار می‌باشند. در این

SATORIUS CP225D ساخت کشور آلمان استفاده گردید. در حین نمونه برداری، کاست‌های فیلترها به یقه کارگر نصب گردید (Karlsen, et al., 1994).

در پایان نمونه برداری، هر ست نمونه برداری به دقت از اپراتور باز شده و به آزمایشگاه منتقل شد. فیلترها پیش از سنجش وزن ثانویه باید به مدت ۲۴ ساعت در داخل دسیکاتور قرار داده می‌شدند تا رطوبت آن‌ها جذب شود. سپس وزن فیوم جمع‌آوری شده به روش گرامیتری سنجش و در واحد حجم استاندارد هوای نمونه برداری شده محاسبه و بر حسب  $\text{mg}/\text{m}^3$  ثبت گردید.

#### ت- پردازش داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده، شامل داده‌های مربوط به سنجش آلاینده‌ها و اطلاعات شغلی جهت آنالیزهای آماری در برگه کاری وارد و توسط نرم افزار SPSS (version 17) و اکسل مورد پردازش آماری قرار گرفت. در این مطالعه از آزمون‌های آماری آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و t مستقل استفاده شد.

#### ث- تعیین میزان ریسک مواجهه با فیوم کل

در این بخش از مطالعه، برای تعیین میزان ریسک مواجهه با فیوم‌های جوشکاری از روش توسعه یافته توسط بخش ایمنی و بهداشت شغلی وزارت کار سنگاپور با نام «روش نیمه کمی ارزیابی تماس شغلی با مواد شیمیایی» استفاده گردید (Ministry of Manpower, 2005). به طور کلی این روش شامل مراحل شناسایی مواد مخاطره آمیز، تعیین ضریب مخاطره (HR) و تماس (ER) و در نهایت تعیین سطح ریسک مواجهه می‌باشد.

در مرحله اول این بخش، با توجه به مطالعات قبلی (۱-۴)، فیوم‌ها به عنوان خطرناک‌ترین عامل زیان آور در فرآیند جوشکاری مورد بررسی قرار گرفتند. پس از شناسایی ماده خطرناک، ضرایب مخاطره و تماس این ماده با استفاده از جداول مربوطه و نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده، مشخص گردید. با استفاده از مقادیر این دو ضریب در

از جوشکاری بر روی آهن سیاه می باشد، اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نبوده و نشان می دهد که فلز پایه در تولید میزان فیوم کل تاثیری ندارد ( $P > 0.05$ ).

برای تعیین اثر نوع ماده شیمیایی استفاده شده بر میزان فیوم تولیدی، از آزمون آماری T مستقل استفاده گردید و نتایج حاکی از تاثیر نوع ماده بر میزان تولید فیوم کل بود ( $P < 0.05$ ). به عبارت دیگر، زمانی که از ماده شیمیایی (روغن یا اسپری) استفاده می شود، نسبت به زمانی که از ماده شیمیایی استفاده نمی شود، تولید مقدار فیوم بیش تر است.

#### ب- ارزیابی ریسک

در این پروژه، از روش ارزیابی نیمه کمی ریسک سنگاپور استفاده گردید. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک و تعیین رتبه ریسک مواجهه با فیوم کل بر حسب نوع فرآیند جوشکاری در جدول ۴ آورده شده است. با توجه

تحقیق ۴ پارامتر تاثیر گذار بر میانگین مواجهه شامل نوع فرآیند جوشکاری، نوع الکتروود مصرفی، استفاده یا عدم استفاده از ماده شیمیایی و جنس فلز پایه مورد مطالعه قرار گرفتند (اشکال ۱ تا ۳). مهم ترین پارامترهای ذکر شده، نوع فرآیند و نوع الکتروود مصرفی می باشد. تاثیر نوع فرآیند جوشکاری بر میزان تولید فیوم در جداول ۱ تا ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در سالن های مورد مطالعه از ۳ نوع الکتروود  $SG_1$ ،  $SG_2$  و  $CU/CR/ZR$  استفاده می گردید. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان دهنده تفاوت معناداری بین میانگین تولید فیوم کل در ۳ نوع الکتروود می باشد ( $P < 0.05$ ) و نتایج نشان می دهد نوع  $SG_1$  بیش ترین تولید میانگین فیوم کل را به خود اختصاص داده است ( $6.21 \pm 6.04$   $mg/m^3$ ).

بررسی نوع فلز پایه نشان می دهد هر چند که میانگین فیوم کل تولیدی در جوشکاری بر روی آهن گالوانیزه بیش تر

جدول ۱: میانگین غلظت فیوم کل در ناحیه تنفسی جوشکاران بر حسب نوع فرآیند جوشکاری

P- value	میانگین غلظت فیوم کل ( $mg/m^3$ )	فلز پایه	ماده مصرفی	نوع الکتروود	آمپراژ (A)		تعداد نمونه	نوع جوشکاری
					دامنه	میانگین		
<0.05	5/41±5/78	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	$SG_2$ و $SG_1$	-	0/16	28	GMAW
	2/38±2/15	آهن سیاه	-	Cu/Cr/Zr	8-32	17/5	115	مقاومتی نقطه ای
	3/21±3/12	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	$SG_2$ ، $SG_1$ و Cu/Cr/Zr	0/16-32	9/48	143	کل

جدول ۲: میانگین غلظت فیوم کل در ناحیه تنفسی جوشکاران بر حسب سالن ها

P- value	میانگین غلظت فیوم کل ( $mg/m^3$ )	فلز پایه	ماده مصرفی	نوع الکتروود	آمپراژ (A)		تعداد نمونه	سالن
					دامنه	میانگین		
>0.05	3/06±3/5	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	Cu/Cr/Zr و $SG_1$	0/16-12	8/33	37	پژو ۴۰۵
	3/46±4/7	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	Cu/Cr/Zr و $SG_1$	0/16-19	8/45	35	روا
	2/99±3/51	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	Cu/Cr/Zr و $SG_1$	0/16-12	9/17	35	سمند
	2/55±3/11	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	Cu/Cr/Zr و $SG_2$	0/16-32	12/00	36	پژو ۲۰۶
	3/01±3/72	آهن سیاه و گالوانیزه	روغن و اسپری	Cu/Cr/Zr و $SG_2$ ، $SG_1$	0/16-32	9/48	143	کل

## جدول ۳: میانگین غلظت فیوم کل در ناحیه تنفسی جوشکاران برحسب نوع فرآیند جوشکاری در سالن های مورد مطالعه

P- value	میانگین غلظت فیوم کل (mg/m <sup>3</sup> )	فلز پایه	نوع الکتروود	آمپراژ (A)		تعداد نمونه	نوع جوشکاری	سالن
				دامنه	میانگین			
<۰/۰۵	۵/۶±۶/۵	آهن سیاه و گالوانیزه	SG <sub>1</sub>	-	۰/۱۶	۷	GMAW	پژو ۴۰۵
	۲/۴۷±۲/۲۴	آهن سیاه	Cu/Cr/Zr	۸-۱۲	۱۱/۲۵	۳۰	مقاومتی نقطه ای	
<۰/۰۵	۷/۹±۶/۸	آهن سیاه	SG <sub>1</sub>	-	۰/۱۶	۹	GMAW	روآ
	۱/۹۲±۱/۵۹	آهن سیاه	Cu/Cr/Zr	۸/۵-۱۹	۱۲/۶۵	۲۶	مقاومتی نقطه ای	
<۰/۰۵	۳/۱۴±۳/۶۳	آهن سیاه و گالوانیزه	SG <sub>1</sub>	-	۰/۱۶	۳	GMAW	سمند
	۱/۴۱±۱/۲۶	آهن سیاه و گالوانیزه	Cu/Cr/Zr	۶-۱۲	۱۰/۰۵	۳۲	مقاومتی نقطه ای	
<۰/۰۵	۴/۷±۴/۹۶	آهن سیاه و گالوانیزه	SG <sub>2</sub>	-	۰/۱۶	۹	GMAW	پژو ۲۰۶
	۱/۷±۱/۹۸	آهن سیاه و گالوانیزه	Cu/Cr/Zr	۱۱-۳۲	۲۲/۳۵	۲۷	مقاومتی نقطه ای	

## جدول ۴: رتبه ریسک تماس با فیوم کل برحسب نوع فرآیند جوشکاری

نوع جوشکاری	میزان تماس مقدار حدمجاز	ضریب مخاطره	ضریب مواجهه	ضریب ریسک کمی	سطح ریسک	ضریب ریسک کیفی
GMAW	۱/۱۲۲	۳	۴	۳/۴۶	۴	زیاد
مقاومتی نقطه	۰/۴۷۶	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
کل	۰/۶۴۲	۳	۳	۳	۳	متوسط

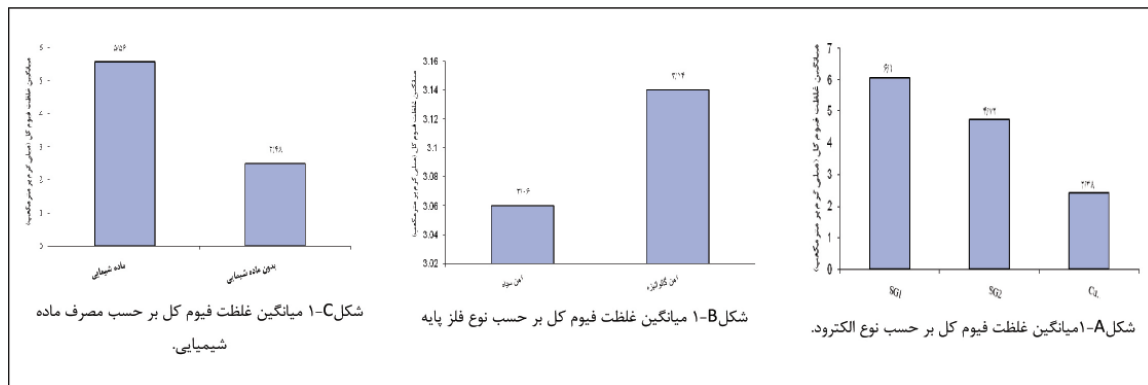
## جدول ۵: سطح ریسک تماس با فیوم کل برحسب نوع فرآیند جوشکاری در سالن های تولیدی مورد مطالعه

سالن	نوع جوشکاری	میزان تماس مقدار	ضریب مخاطره	ضریب مواجهه	ضریب ریسک کمی	سطح ریسک	ضریب ریسک کیفی
پژو ۴۰۵	GMAW	۱/۱۲	۳	۴	۳/۴۶	۴	زیاد
	مقاومتی نقطه	۰/۴۹۴	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
روآ	GMAW	۱/۵۸	۳	۴	۳/۴۶	۴	زیاد
	مقاومتی نقطه	۰/۳۸۴	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
سمند	GMAW	۰/۶۲۸	۳	۳	۳	۳	متوسط
	مقاومتی نقطه	۰/۲۸۲	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
پژو ۲۰۶	GMAW	۰/۹۴	۳	۴	۳/۴۵	۴	زیاد
	مقاومتی نقطه	۰/۳۴	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم

با فیوم کل در ۴ سالن برحسب دو نوع جوشکاری وجود ندارد و در هر ۴ سالن فرآیند GMAW دارای رتبه ریسک زیاد است و جوشکاری مقاومتی نقطه ای در رتبه پایین قرار دارد. در سالن سمند برخلاف سالن

به این جدول ۴ رتبه ریسک جوشکاری GMAW زیاد بوده و جوشکاری مقاومتی نقطه ای در رتبه پایین قرار دارد.

همچنین نتایج نشان دادند (جدول ۵) که به استثنای سالن سمند، تفاوتی بین رتبه ریسک مواجهه



شکل ۱: میانگین تراکم فیوم بر حسب عوامل موثر

جمع‌آوری شده توسط کاست‌های ۳۷ میلی‌متری نشان دادند که میانگین مقادیر فیوم کل برای فرآیند جوشکاری GMAW و نقطه‌ای مقاومتی به ترتیب برابر با  $۵/۶۱ \pm ۵/۷۸$  و  $۲/۳۸ \pm ۲/۱۵$  میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشند که این یافته‌ها مطابق یافته‌های حاصل از مطالعات گذشته می‌باشند (Yoon, et al., 2009; Lyttle, 2004; NI-OSH, 1996; Ulfvarson, 1981). در بررسی که توسط Ulf Ulfvarson و D Tech بر روی انواع فرآیندهای جوشکاری صورت گرفت، مقدار فیوم تولیدی در فرآیند جوشکاری GMAW، MAG با مقدار عددی ۵ میلی‌گرم بر مترمکعب نشان داده شد (Ulfvarson, 1981). علت زیاد بودن فیوم تولیدی در نوع GMAW نسبت به نقطه ای مقاومتی را می‌توان به نوع فرآیند و الکترود مصرفی نسبت داد.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی ذکر شد عوامل زیادی در تولید فیوم از فرآیند GMAW موثر بوده و بیش‌ترین تاثیر علاوه بر نوع جوشکاری، متعلق به نوع و اندازه الکترود و به میزان کمی فلز پایه بوده است (Antonini, et al., 2003; Yoon, et al., 2009). یافته‌های این مطالعه نشان داد که نوع الکترود، فلز پایه و استفاده از ماده شیمیایی به عنوان ضد لرزش و جلوگیری از پاره شدن ورق به هنگام فشار تاثیر زیادی در تولید فیوم حاصل از GMAW دارد. همان‌طور که از جداول و اشکال مشخص می‌باشد، بیش‌ترین تاثیر را نوع الکترود مصرفی دارد. این یافته‌ها

های دیگر، رتبه ریسک جوشکاری GMAW در حد متوسط می‌باشد.

### بحث

ارزیابی مواجهه با عوامل مخاطره آمیز در طول فرآیندهای مختلف جوشکاری توسط محققان زیادی صورت گرفته است (Mansouri, et al., 2008; Yoon, et al., 2009; Milja and Linnainmaa, 2004; Lyttle, 2004). با وجود این، تحقیقات در ارتباط با تعیین رتبه ریسک تماس جوشکاران با فیوم حاصل از فرآیندهای جوشکاری مستندسازی نشده است. در این مطالعه عوامل موثر از قبیل نوع جوشکاری، نوع الکترود، استفاده و عدم استفاده از ماده شیمیایی و نوع فلز پایه مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه رتبه ریسک هر فرآیند مشخص گردیده است. با استفاده از شناخت و آگاهی به‌دست آمده از پارامترهای مورد بررسی، توصیه‌های ویژه‌ای می‌توان برای کاهش تماس جوشکاران و هم‌چنین مدیریت ریسک بهداشتی آن‌ها بیان نمود (Abelmann, 2005).

مطالعات زیادی در ارتباط با فرآیند جوشکاری GMAW نسبت به دیگر فرآیندها، به‌ویژه جوش نقطه ای صورت گرفته است. نتایج این مطالعات نشان داده است که فرآیند جوشکاری GMAW به علت استفاده از گاز محافظ، کم‌تر از انواع دیگر به‌ویژه SMAW و MMA فیوم تولید می‌کند. ولی با وجود این نسبت به نوع نقطه‌ای فیوم بیش‌تری تولید می‌نماید. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های

جوشکاران به علت مواجهه با فیوم ها تایید شده است (Mansouri, et al., 2008; Yoon, et al., 2003); ریسک بالا نشان دهنده اثرات نامطلوب سلامتی ناشی از تماس با فیوم ها می باشند، لذا احتمال می رود که جوشکاران مورد مطالعه در فرآیند GMAW دچار عوارض نامطلوب بهداشتی شوند. بنابراین راه های کنترلی برای جوشکاران فرآیند GMAW، باید در نظر گرفته شود. روش های کنترلی مورد نیاز و موثر شامل کنترل فنی، پایش هوای تنفسی جوشکاران، آموزش، برنامه های حفاظت ریوی، توسعه و اجرای روش های کاری صحیح و امن، فراهم کردن کمک های اولیه و در نهایت ارزیابی مجدد ریسک بعد از اجرای روشهای کنترلی می باشد (Ministry of Manpower, 2005). از طرفی مهم ترین پارامتر تاثیرگذار در تولید فیوم، نوع الکتروود بوده که حذف آن از فرآیند میسر نمی باشد. بنابراین اقدامات کنترلی مدیریتی مانند آموزش و کاهش ساعات مواجهه با فیوم های جوشکاری از طریق افزایش تعداد کارگران را می توان به عنوان یک راهکار کنترلی مدیریتی موثر پیشنهاد داد.

### نتیجه گیری

به طور کلی نتایج تحقیق نشان می دهد که نوع الکتروود، فلز پایه و استفاده از ماده شیمیایی به عنوان ضد لرزش و جلوگیری از پارگی ورق، تاثیر زیادی در تولید فیوم جوشکاری GMAW دارد و جوشکاران این نوع فرآیند نسبت به جوشکاری نقطه ای دارای رتبه ریسک بالا بوده و احتمال ایجاد عوارض نامطلوب سلامتی به ویژه سرطان ریه زیاد می باشد. لذا به کارگیری راه های کنترلی باید برای آن ها در نظر گرفته شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان نهایت تشکر و قدردانی خود را از همکاری مدیریت و کارشناسان مرکز پیشگیری، درمان و رفاه و نیز کارکنان شرکت ایران خودرو در انجام این تحقیق ابراز می دارند.

با یافته های مطالعات Mansouri و همکارانش، P. A. Abelmann، Chunsik souri، et al., 2008; yoon., 2004; Abelmann, Stern, 1986 (2005); یافته های مطالعه Gerstle و همکارانش نشان داد که نسبت فیوم تولیدی از GMAW به نوع الکتروود و اندازه آن بستگی زیادی دارد. به طور کلی الکتروودهای کوچکتر مقادیر فیوم کمتری نسبت به الکتروودهای بزرگتر تولید می نمایند، که علت آن را می توان به سطح تماس کم تر الکتروودهای کوچکتر نسبت داد (Gerstle, et al., 1993). در مطالعه دیگری که توسط Handerson و همکارانش صورت گرفت (Henderson, et al., 1986)، پارامتر آمپراژ بیشترین تاثیر را بر روی تولید فیوم داشته و با افزایش آمپراژ دستگاه میزان تولید آن افزایش یافته است که یافته های مطالعه ما با آن همخوانی ندارد علت این امر استفاده از آمپراژ زیاد در فرآیند جوشکاری نقطه ای مقاومتی می باشد.

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک نشان داد که جوشکاران فرآیند جوشکاری GMAW، با ریسک زیاد تماس با فیومها روبه رو بوده، ولی جوشکاران نقطه ای دارای ریسک پایینی می باشند. مطالعات کمی در ارتباط با ارزیابی ریسک تماس با فیوم های جوشکاری صورت گرفته است، با وجود این، هیچ مطالعه ای تا زمان انجام این مطالعه در ارتباط با تعیین رتبه ریسک تماس جوشکاران با فیوم های ناشی از فرآیندهای جوشکاری GMAW انجام نشده است. در مطالعه ای که توسط P. A. Abelmann با عنوان ارزیابی ریسک تماس شغلی با فلزات فیوم های جوشکاری SMAW انجام شد (Abelmann, 2005)، یافته های تحقیق سطوح ریسک غیرقابل قبول را برای تمام سناریوهای تعریف شده نشان داد. در مطالعه ای دیگر که در سال ۲۰۰۵ توسط Hjollund و همکارش در ارتباط با تاثیر تماس جوشکاران مرد با فیوم های جوشکاری در سقط جنین انجام شد، میزان ریسک نسبی ۰/۰۶ و ۰/۸۶ به ترتیب برای جوشکاری استیل زنگ نزن و استیل نرم گزارش شده است (Hjollund, et al., 2005). همچنین در مطالعات گذشته افزایش ریسک سرطان ریه در



11. Henderson, I. D., Senff, U. E., & Wilson, A. J., (1986). Fume generation and chemical analysis of fume for a selected range of flu-cored structural steel wires - AWRA document., P9-44-85. Australian Welding Research., 4-11.
12. Hjollund N. H., Bonde J. P., Ernst E., Lindenberg S., Anderen A. N., Olsen J., (2005). Spontaneous abortion in IVF couples-role of male welding exposure. Hum Reprod., 1-5.
13. Jorma T. Pasanen, Tom E. Gustafsson, Pirkko-Liisa Kalliomakia, Antti Tossavainena, Jorma O. Jrvisaloc., (1988). Cytotoxic effects of four types of welding fumes on macrophages in vitro: A comparative study Journal of Toxicology and Environmental Health.,18(1), 143 - 52
14. Karlsen J.T., Torgrimsen T., Langard S., (1994). Exposure to Solid Aerosols During Regular MMA Welding and Grinding Operations on Stainless Steel. Am Ind Hyg Assoc J., 55(12), 1149-53.
15. Lee HS, Chia SE, Yap JC, Wang YT, Lee CS., (1990). Occupational asthma due to spot-welding. Singapore Med J., 31(5), 506-8.
16. Lyttle K., (2004). Optimizing Consumable Section Increases Productivity, Distribution. 2004:45-7.
17. Mansouri N., Atbi F., Moharamnezhad N., Ahbaran RD.A., M. Alahiari., (2008). Gravimetric and Analytical Evaluation of Welding Fume in an Automobile Part Manufacturing Factory. J Res Health Sci., 8(2),1-8.
18. Meo SA, Azeem MA, Subhan MM., (2003). Lung function in Pakistani welding workers. J Occup Environ Med., 45(10), 1068-73.
19. Micheal D.Taylor, Jeeny R. Roberts, Stephen S. Leonard, Xianglin Shi, M. Antonini., (2003). Effects of Welding Fumes of Differing Composition and Solubility on Free Radical Production and Acute Lung Injury and Inflammation in Rats. Toxicological Sciences., 75, 181-91.

## منابع

1. Abelmann PA., (2005). Breathing-Zone and Aspired Welding Fume Exposure Assessment: Fractional Factorial Design.[thesis].
2. Allahyari, T., (2006). Risk analysis and risk assessment in chemical processes. Fanavaran., [in Persian].
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH; 2010). "Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices".
4. Antonini, James M. Micheal D.Taylor, anthony T.Zimmer, ROBERTS JR., (2003). Pulmonary Responses to Welding Fumes: Role of Metal Constituents. Journal of Toxicology and Environmental Health., 67,233-49.
5. Antonini JM, Santamaria AB, Jenkins NT, Albini E, Lucchini R., (2006). Fate of manganese associated with the inhalation of welding fumes: potential neurological effects. Neurotoxicology., 27(3), 304-10.
6. Azari R., (2007). Textbook of public health: chemicals health risk assessment in individual exposure , Third Printing, Arjomand., [in Persian].
7. Gerstle, R. W., Hance, S. B., & Csordas, G. N., (1993). Emission factors for arc welding. Proceedings,
8. Annual Meeting - Air & Waste Management Association., 86(6), 93TP 57-04, 13PP.
9. Girish Kelkar, and Neil Ball., (2007). Bond Formation in Laser and Resistance Welding. Congreso Internacional en TECNOLOGIA DE LA SOLDADURA INDUSTRIAL. Saltillo, Coahuila.
10. Hesham A. Hassaballa, Omar B. lateef, Julian B, Eillen Kim, Larry Casey., (2005). Metal fume fever presenting as aseptic meningitis with pericarditis, pleuritis and pneumonitis. Occupational Medicine., 55, 638-41.

- irez aj., (2008). Characterization of welding fume from SMAW electrodes- part 1 welding research., 87, 106-12.
27. Stern, R., (1986). Commission of the European Communities: Health hazards and biological effects of -welding fumes and gases .proceedings of the International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases, Copenhagen., New York: Excerpta Medica, Elsevier Science Pub. Co.
28. Ulf. Ulfvarson, D. Tech., (1981). Survey of air contaminants from welding. Scand J Work Environ Health., 7, 1-28.
29. Yoon CS, Paik NW, Kim JH., (2003). Fume Generation and Content of Total Chromium and Hexavalent Chromium in Flux-Cored Arc Welding. Ann Occup Hyg. Nov, 47(8),671-80.
30. Yoon CS, Paik NW, Kim JH, chae HB.,(2009). Total and Soluble Metal Contents in Flux-Cored Arc. Aerosol Science and Technology, 43, 511-21.
31. Yoon es., (2004). welding fume and others from weling processes. Kor J Env Hlth., 30(4), 320-8.
20. Milja Makinen, Linnainmaa M., (2004). dermal exposure to chromium in the grinding of stainless and acid-proof steel. Ann Occup Hyg. 2004;48(3):197-202.
21. Ministry of Manpower, O.S.a.H.D., ( 2005). Singapore, a semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals.
22. National Institute for Occupational Safety and Health, (1994). Manual of analytical methods, method 0500, (NIOSH; Fourth ed.
23. National Institute for Occupational Safety and Health., (2002). Nomination of Welding Fumes-for Toxicity Studies.
24. National Shipbuilding Reearch Program Report IoRAacIAElosw, (1996). Impact of Recent and Anticipated Changes in Airborn Emission Limits on Shipyard Workers, NSRP 046.
25. Noderman, (2008). Welding Fume Hazards and Prevention with special focus on exposure to Manganese and Hexavalent Chromium.
26. Sowards j. w., lippold j. c., dickinson w., ram-